日本之設施園藝概況

張粲如*

A Brief of Horticultural Production under Structure in Japan

Tsan-Ru Chang

摘要

日本設施園藝方面的研究與實際應用已有三十餘年歷史，各項栽培技術進步，其農業經營型態與台灣相近，較爲集約，各種蔬菜、水果及花卉的生產種類及栽培方式頗適合台灣在發展設施園藝之觀摩，作爲我們改進經營技術的參考。本報告介紹：

1. 日本設施園藝發展的背景及現狀。
2. 各試驗研究機構對設施架構及有關環境控制的研究改進。溫度調節；利用深夜電力發展植物工場。
3. 日本的養液栽培發展情形。養液栽培方式及推廣情形；養液栽培作物的種類及栽培制度；蔬菜工場；養液栽培經營費用；養液栽培今後研究方向。
4. 建議事項。

前言

近年來，我國由於科技精進，經濟繁榮，國民生活水準提高，在食的方面亦講求高品質及高營養，作物生產方面亦由過去着重稻米等糧食生產轉向蔬菜、水果及畜產等維生素、纖維素及蛋白質的生產，精神生活上亦着重美化綠化環境等花卉及觀賞植物的生產。因此園藝作物生產面積，據統計，已躍升至385,000公頃，佔作物生產總面積的30%，園產品在整體農業經營上佔極重要的地位。

台灣園藝作物生產技術，原本已採取較集約、投資較多的財力與人力的經營方式，又因地狹人稠，耕地面積有限，爲充分發揮地利，克服天然環境及連作障礙，採用各項設施來改善作物生產環境，以達增加產量，提高品質及調節產期的效果，是今後園藝作物生產經營必然的趨勢。

日本設施園藝方面的研究與實際應用已有三十餘年的歷史，各項栽培技術進步且實用，其農業經營型態亦與台灣相近，較爲集約，各種蔬菜、水果及花卉的生產種類及栽培方式頗適合台灣在發展設施園藝之際之觀摩，作爲我們改進經營技術的參考。

此次，承日本東亞科學技術協力協會安排，由農委會諶技正靜吾，國立中興大學園藝研究所

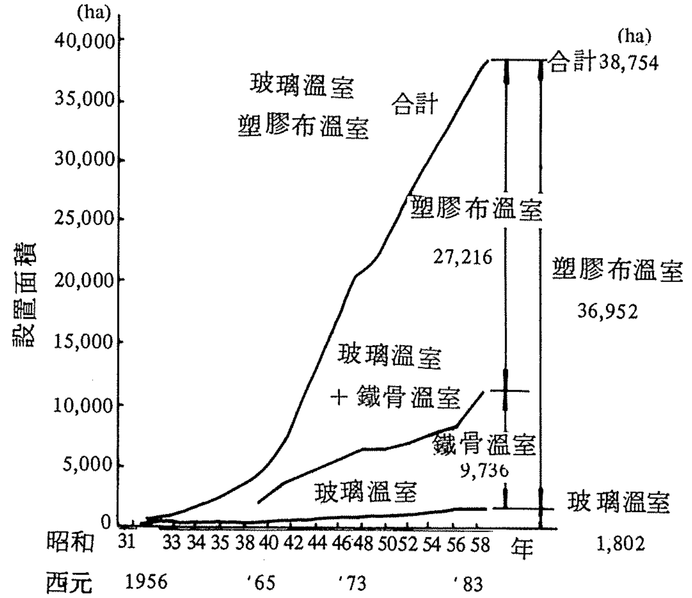
* 桃園區農業改良場三重分場副研究員
Associate Horticulturist of Sanchang Substation, Tao-Yuan District Agricultural Improvement Station

黃教授敏展，農林廳特產科柳科長台生，鳳山熱帶園藝試驗分所沈所長再發，桃園區農業改良場張副研究員粲如，台中區農業改良場林助理研究員嘉興等六人組團前往研修，自民國75年3月1日至3月21日共三週，主要範圍是對於日本的設施園藝概況，溫室結構，養液栽培技術及各種養液栽培型式在農家實地作業情形，參觀各農業研究機構目前進行的設施園藝技術及節省能源與未來植物工廠的研究工作。並收集有關資料及材料，作為今後台灣發展設施應用的參考。

今將分為四項說明：

一、日本設施園藝發展之背景及現狀

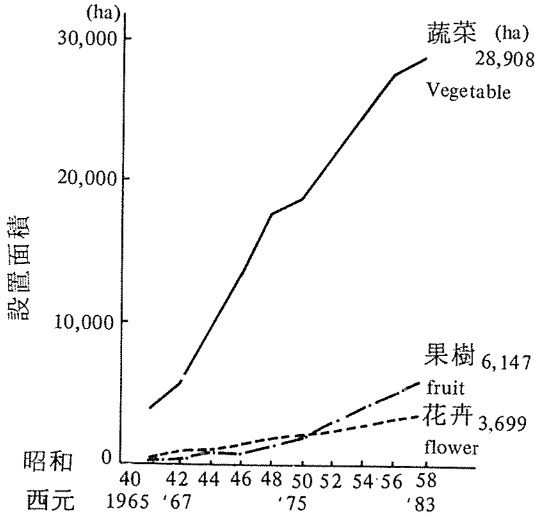
自從1965年（昭和40年）至第一次石油危機，日本的設施面積曾急驟增加，後來稍降，到1983年（昭和58年）設施面積達35,000公頃，其中玻璃溫室佔約5％，塑膠布溫室佔約95％，如圖一所示，其主要原因是日本生活型態的變遷，消費者吃菜的特徵要求多樣化，高品質化及週年供應各種蔬菜，加上西洋式生食的習慣引進，蔬菜種類及栽培技術的要求更多，使得設施栽培技術更迫切需要。設施栽培作物發展情形如圖二所示，以蔬菜發展最快，已達29,000公頃，果樹有6,147公頃，花卉有3,700公頃。在發展過程中，因地理環境及氣候條件的限制，曾趨向防雨設施方面的研究，加溫設備，微電腦自動控制，省能源及代替能源的利用，發展養液栽培技術；最近更講求提高品質，穩定生產，降低生產成本，優良品種的利用，生產用新資材的開發與實用化推廣，並利用高科技的綜合環境控制技術，使作物生育的溫度、濕度、二氧化碳、水份、養份等，在最適當的條件下達到生產週年化，品質高度化。



圖一 設施園藝設置面積之消長

Fig. 1. Area of greenhouse in Japan from 1956 to 1983.

資料來源：食品流通局“園藝用玻璃溫室、溫室等之設置狀況”



圖二　不同作物設施栽培面積

Fig. 2. Area of greenhouse applied to different crops.

二、各試驗研究機構對設施架構及有關環境控制的研究改進

(一)溫室架構及室內環境調節

日本的設施園藝原本以保溫爲目的，早期的設施多爲興建玻璃溫室，後來塑膠工業迅速發展後，遂演變成搭建成本較低的塑膠布溫室，其所佔的比例幾乎佔全部設施的95%。在塑膠布溫室的架構及覆蓋資材，各試驗研究機構及業者皆不斷的研究改進；在設施骨架方面，已開發規格化堅固的質材，型式穩固，容易施工。連棟式的設施，兩棟之間設計有很理想的排水槽，防止雨水流到溫室內；對於通氣調節系統，有開天窗、側窗的裝置，或側邊捲簾方式，如圖三，亦有裝風扇送風調節方式，這些簡易調節裝備均可做台灣搭建設施時參考使用。對於風較大的地區，設施的骨架需要補強；塑膠布覆蓋，除了用固定帶壓住塑膠布，還用螺旋樁栓住固定帶並插入土中，避免被風吹掉；從荷蘭引進Venlo式連棟溫室，並加以研究改進使適合日本多雨的氣候條件；爲了節省能源，溫室內的保溫系統極力研究改進，例如利用自動式二層塑膠布簾調節溫度；設計地熱交換系統，將白天的熱儲蓄於地中，夜間放出於設施內加熱；加熱幫浦（Heat pump）控制溫度，如圖四，有加溫、冷却及除濕的效果；保麗龍球保溫設施（Pellet House），是將溫室的側壁及屋頂做兩層玻璃裝置，內盛經過靜電處理的保麗龍球（直徑約0.5公分），白天讓陽光照入室內，保麗龍球就存在基部，到傍晚，沒有陽光時，以送風加壓方式將保麗龍球全部吹上，佈滿整個溫室側壁及屋頂，這樣即有隔絕作用，使溫室內之熱不易向外發散，有保溫的效果，可節省能源。

(二)設施內冷熱調節系統

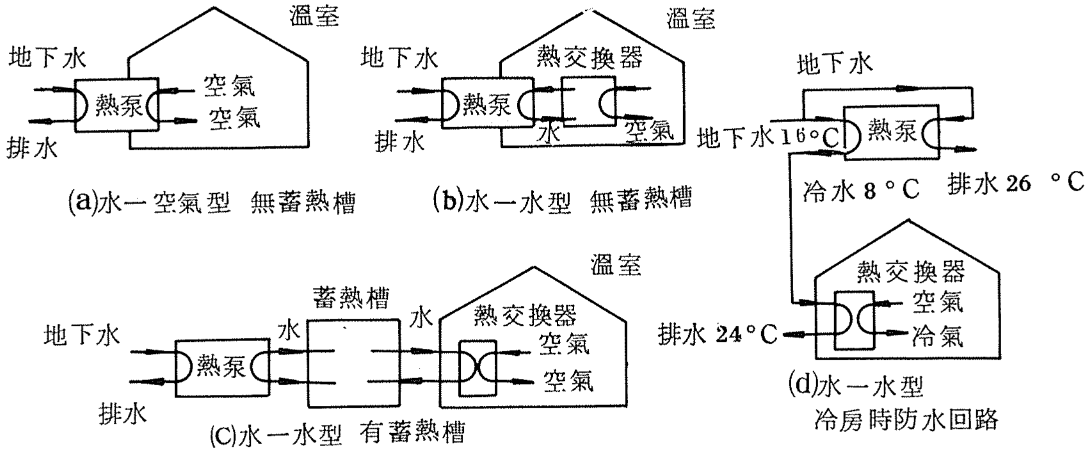
因爲能源及成本的因素，發展出不同型式：

1. 以地下水做熱源的系統，如圖五。
2. 以外界空氣做熱源的系統，如圖六。
3. 以土壤蓄熱的系統。

圖三　側邊通氣裝置
Fig. 3. Side aeration of pipe house

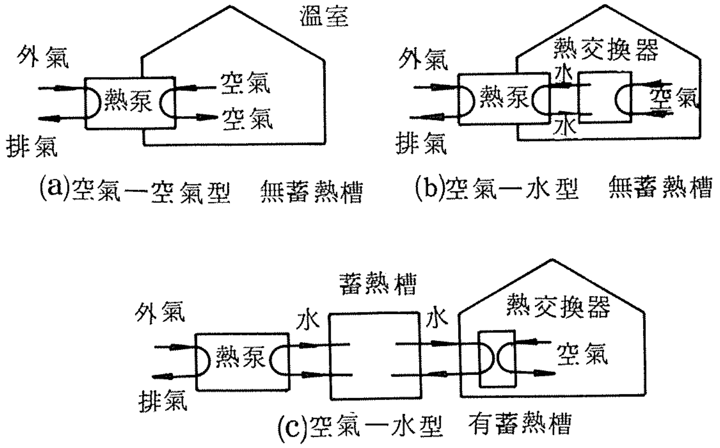
圖四　冷熱泵
Fig. 4. Heat-pump.

圖四′ 地中熱系統
Fig. 4′. Underground heat system.



圖五 以地下水為熱源之暖冷房系統（模式圖）

Fig. 5. The temperature controlling system using underground water (Diagram)



圖六 以外界空氣為熱源之暖冷房系統（模式圖）

Fig. 6. The temperature controlling system using air (Diagram)

(三)利用深夜電力發展植物工場

在深夜離峯用電時間，電費成本較低，設計冷凍機晚上製冰，須要冷氣時，使冰融，放出冷氣，使設施內降溫；相反的，若需加熱，水的凝固熱可供設施內升溫。於是很有效的維持在20～25℃，植物的生長條件，溫度、濕度及光線均由電腦控制，全年可生產高品質的產品。可控制在價格好時生產，以獲更好的利潤。例如葉萵苣在 1～4月時生產，在植物工場內栽培，只要20天即可收成；菠菜 5～8 月價格最好，草莓10～12月價格最好，有了植物工場即可計畫生產，雖然投資較多，但是利潤尚高。

三、日本的養液栽培發展情形

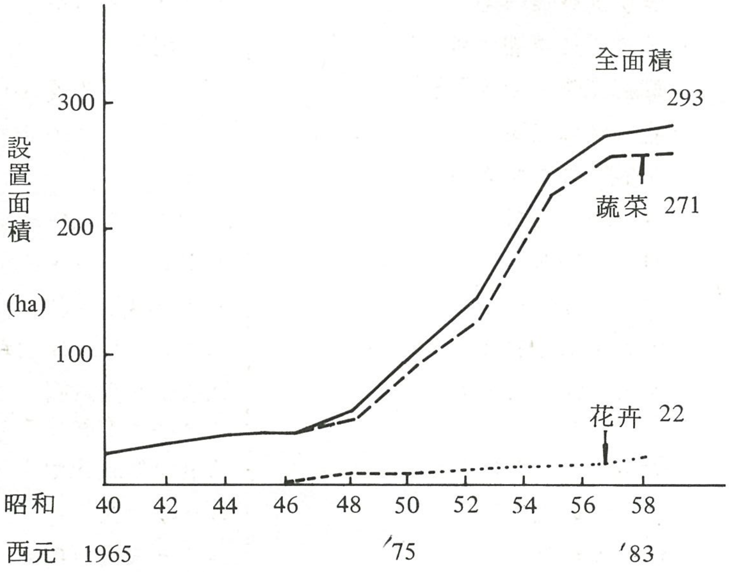
(一)養液栽培發展經過

日本養液栽培的發展可分成三個階段；第一階段為 1947 年為供應鮮食蔬菜給駐日的美軍，即開始作礫耕實用化的研究。至 1960 年，山崎等建立礫耕系統，後因資材缺乏，使得投資意願降低。第二階段為 1969 年，因塑膠類栽培床及規格化商品的出現，陸續有許多專門研究水耕栽

植物工場
Plant factory

培裝置和資材的廠商提供上市。各地先進的農家亦導入應用，到1973年石油危機時，因設施資材費用高，設施面積增加緩慢。第三階段爲最近自歐洲引進的NFT及Rock Wool等栽培新技術，再度引起各方面研究發展的熱潮。其栽培面積如圖七所示，1973年爲59公頃至1979年增加爲262公頃，到1983年之栽培面積爲293公頃。當時全日本的設施園藝面積爲38,754公頃，養液栽培面積僅佔其中的0.8%。養液栽培的溫室多半以玻璃溫室爲主，其次爲硬質型塑膠板等較爲耐久性的覆蓋資材，此兩種溫室合計佔全面積的70%，主要原因是此等固定設施可供週年化生產利用；而軟質型塑膠布溫室僅佔30%。

岩綿栽培胡瓜
Cultivation of cucumber using rock-wool



圖七　日本養液栽培設置面積之消長情形
Fig. 7. The increase of area of hyponics in Japan.

(二)養液栽培方式及其推廣情形

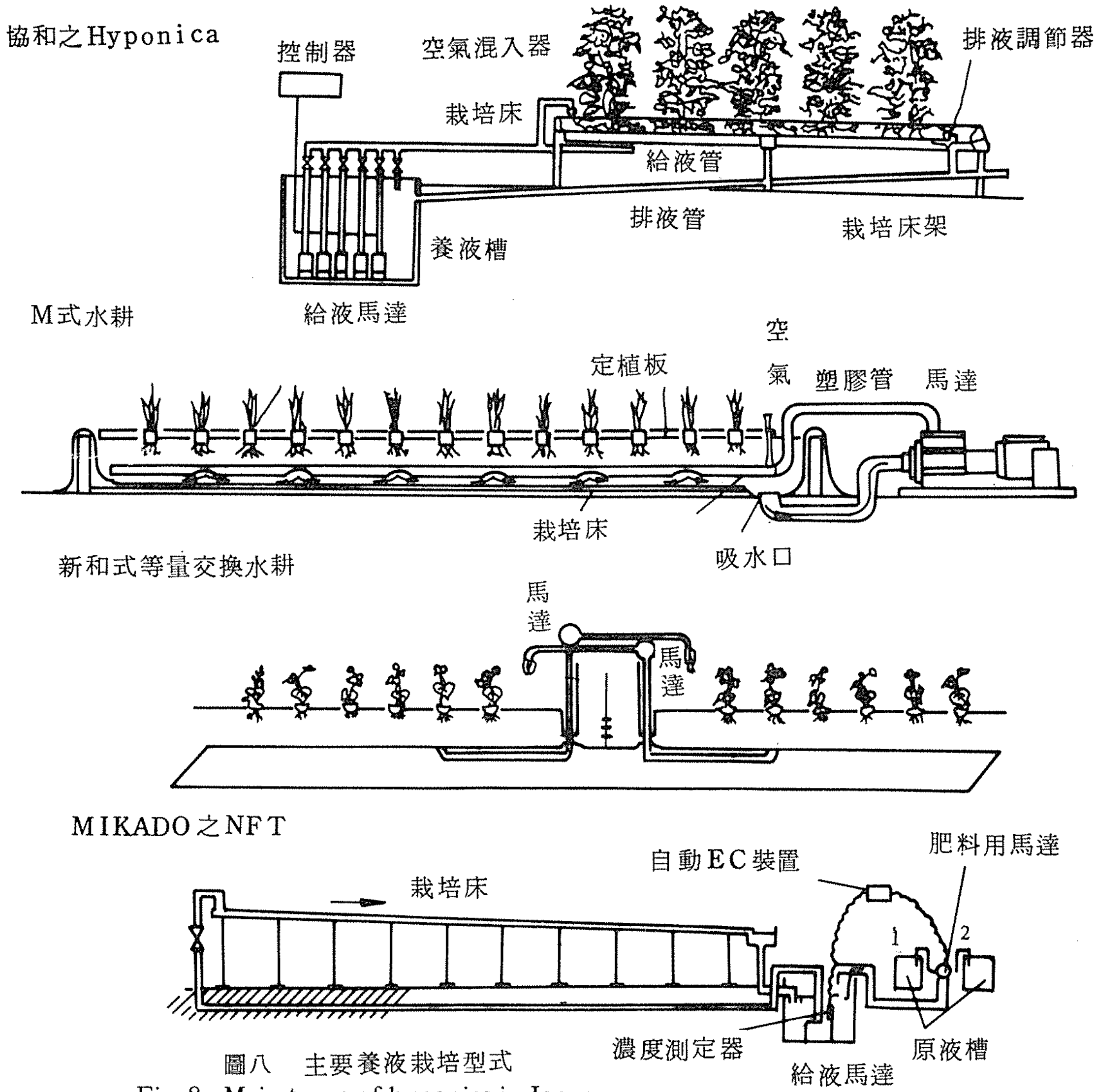
自礫耕實用化到目前爲止，主要養液栽培方式已發表者如表一，但最近新開發而尚未正式發表者尚未列入。以栽培面積及其比例來看，水耕佔90%，礫耕佔6～7%，其餘爲岩綿（Rock wool），依最近的調查，岩綿的佔有率有不斷增加的趨勢；至於各廠牌的栽培面積，以協和式、

M式及新和等量交換式爲多。此三種廠牌佔有率約爲80%；協和式主要爲栽培果菜類，如番茄、胡瓜等，M式主要爲栽培葉菜類，如鴨兒芹、葱等，新和等量交換式可栽培果菜類及葉菜類；有關協和、M式、新和等量交換式和Mikado NFT之裝置如圖八，其主要特徵如表二。

表一 日本之養液栽培方式及發表年次
Table 1. Types of hyponics and year published in Japan.

開發者	方式、名稱	發表販賣年次＊
農林省園試興津支場	礫耕（併列切替給液）	1960
農林省園試久留米場	循環式水耕	1964
神奈川園試三浦分場	噴霧耕・噴霧水耕	1964
鹿兒島農試	噴霧水耕	1965
神奈川園試	礫・水耕折衷方式	1966
高知大農學部（角用）	噴霧耕	1966
千葉農試	くん炭鉢水耕	1967
佐賀農試	くん炭あみ鉢水耕	1967
九州電力佐賀農電試	礫あみ鉢水耕	1968
久保田鐵工（株）	クボタプラント	1968
協和（株）	水氣耕ハイポニカ＊＊	1969
M式水耕研究所	M式水耕＊＊	1969
愛媛大學農學部	津野式くん炭耕	1970
（株）四國製作所	くん炭耕	1970
東罐工業・中外貿易	ダンプラV型くん炭耕	1971
住友電氣工業	サンドポニックス（砂耕）	1971
大阪農技センター	段流型水耕	1972
東京教育大學	教育大立體式水耕	1972
神奈川園試	神園式水耕＊＊	1973
竹原產業開發（株）	せせらぎ型水耕	1973
積水化學（株）	セキスイ段流型水耕	1974
京都農硏山城分場	京都改良型水耕	1976
（株）サンスイ	サンスイ水耕プラント＊＊	1978
新和プラスチックス	等量交換式水耕＊＊	1979
山崎肯哉氏	浮き根水耕	1979
住友セメント	スミセ式れぎ耕＊＊	1980
（株）みかど育種農場	みかどNFT水耕＊＊	1982
M式水耕硏究所	MFT「さか」＊＊	1982
筑波大學（涉谷）	ロックファイバー栽培	1983
シーアイ化成	SS水耕プラント（NFT）＊＊	1983
日本スイコー研究所	NS式水耕プラント＊＊	1984
誠和化學	ロックウール栽培シスラム＊＊	1985

註： ＊……正式發表、試販、販賣開始等都有。 ＊＊……現在市販中。



圖八　主要養液栽培型式
Fig. 8. Main types of hyponics in Japan.

表二　日本主要養液栽培裝置，各型式之特徵
Table 2. The characters of main type hyponics in Japan.

型　　式	供排液系統	氧氣之供給	作物之支持	養液槽之有無	培養液之管理	栽培床	價格 ¥／坪	特　　長
協和 Hyponica	循環	曝氣裝置	栽培盒及石礫	有 30噸／10a	EC，pH，	硬質塑膠板	30,000	特殊曝氣裝置
M　式	湛水	流水吸取	泡棉	無 *	EC，pH，	保麗龍板	30,000	流水吸氧不具養液槽
等量交換	湛水	交換水供氧	泡棉	無	EC，pH，	保麗龍板	12,000	不具養液槽水位調節
MIKADO NFT	循環	流動水	泡棉	有 5～70噸/10a	EC，pH，	波浪板	9～15,000	波浪板床自行施工容易

* 1982 年發生之MFT“さか”式有養液槽。

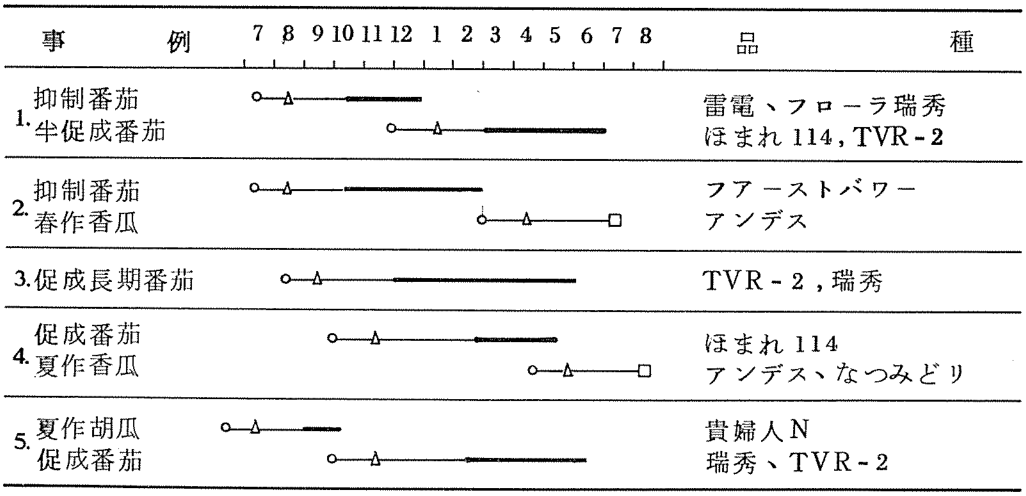
(三)養液栽培作物的種類及栽培制度

目前養液栽培的蔬菜種類列如表三，約有30種，當礫耕技術實用化時，曾試作許多種作物，後來因受經濟性及市場消費性的限制，種類逐漸減少，等到水耕技術實用化時，作物栽培的種類又更減少，曾經使得有幾種蔬菜發生生產過剩，因此需擴大販賣市場的範圍及設法增加水耕栽培蔬菜的種類，例如：葉萵苣、青葱、青梗白菜、菠菜等種類的增加；草莓以NFT及岩綿的方法栽培成功。花卉方面，本來用水耕較少，但近年來頗爲盛行，如玫瑰、蘭花等切花栽培也逐漸用此技術。目前養液栽培主要作物有番茄、鴨兒芹、胡瓜及葱佔最多，約90％以上。番茄生產較穩定，品質也較好，是較適應的作物之一；鴨兒芹利用水耕栽培一年可生產多次，且產量高品質好；蘿蔔嬰以水耕栽培亦已成企業化生產；胡瓜使用岩綿栽培技術以後，有逐漸增加的趨勢。

表三　日本養液栽培之作物
Table 3. Crops using hyponic technique in Japan.

種　類	作　物　之　種　類
葉菜類	鴨兒芹、葉萵苣、茼蒿、葱、細葱、西洋芹、香菜、芫荽、菠菜、蘿蔔嬰。
果菜類	番茄、胡瓜、香瓜、甜椒、茄子、西瓜、豆子、草莓。
根菜類	小蘿蔔。
花卉類	菊花、玫瑰、紫羅蘭、蘭。

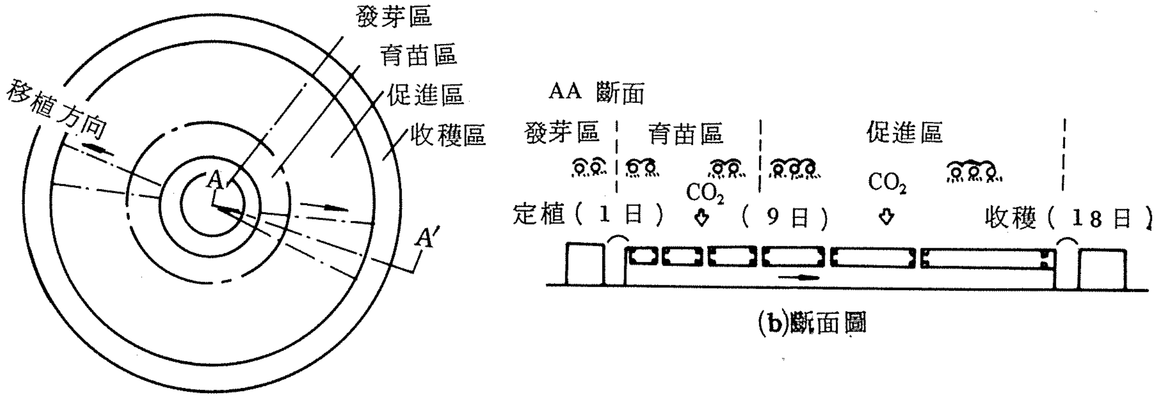
在栽培制度上，以同一種作物週年生產的有鴨兒芹，一年可生產9～11次（而一般陸地栽培者一年僅可生產2～3次）；蘿蔔嬰一年可生產20次以上；其次以葱、葉萵苣；番茄一年可生產1～2次；草莓一年生產一次。另外有種一作番茄後，再種一作胡瓜或甜瓜，如圖九。花卉方面，則以一種類作多年的栽培爲多，如玫瑰花及蘭花之栽培。



圖九　日本養液栽培果菜類栽培制度
Fig. 9. The cultivation system of fruit vegetable using hyponics in Japan.

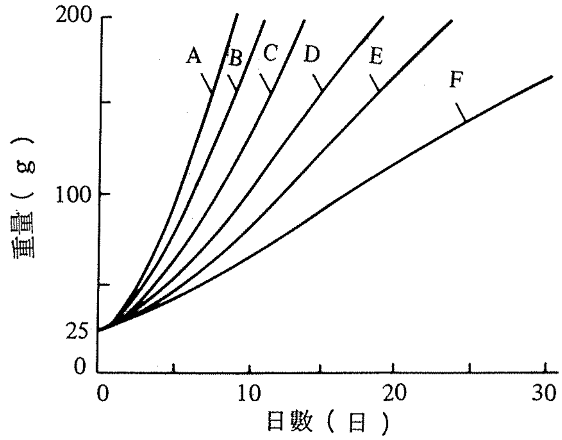
(四)蔬菜工場

所謂蔬菜工場是以人工光照取代日光，以水耕取代土耕，並以電腦控制環境的作物生產方式。此法可週年生產無農藥的蔬菜，無連作障碍且蔬菜品質高。對生產者而言，提供較舒適的生產環境，且能有效的控制產期及產量。然而目前遭遇較大的問題是生產的能源消耗過大，光照和空調設備的電費佔生產費用的40%，因此，如何降低光照電力費用爲當前之急務。有關植物工場概念之設計圖如圖十。植物工場生產萵苣，在加強光照及二氧化碳濃度的環境條件下促進生長的情形如圖十一所示。



(a)平面圖　　圖十　植物工場之概念設計圖

Fig. 10. Diagram of plant factory.



圖十一　植物工場萵苣促進生長之情形

Fig. 11. Forced growth of lettuce in plant factory.

	A	B	C	D	E	F
日長（h）	24		12			
CO_2 濃度（ppm）	1,000	400	1,200	400		
氣溫＝液溫（℃）	20				20	14
相對濕度（%）	80～85					
照度（Klx）	18					
養液導電度（EC）m mho	1.1～1.3					
養液pH	5.8～6.8					

(五)養液栽培經營費用

每分地設施裝備溫室架構約合新台幣 130～280萬元，水耕工場設備約合台幣 66～200 萬元，保溫、暖房裝備約爲 22～110萬元，總計約合台幣 240～616萬元。在整個經營費用中，固定費用佔了很多，如何降低設施成本最重要。有幾種蔬菜的生產成本如表四，這些例子中，收益多少與經營規模的大小、設施利用率及每年的價格不同等而異，養液栽培最初投資設備費大，貸款利息等負擔較高，所得當然比土耕者低；但是在經營操作上省力，勞動時間少，因作業單純，容易僱用打工性的短工，相對的一日所得是較土耕者來得高。現在成功的例子如鴨兒芹、蘿蔔嬰等幼苗連續大規模栽培，有計劃性的擴大供應市場，番茄一年二作型者亦頗成功。

表四　不同作物養液栽培經營成本分析（1000 m^2　1985 年　靜岡縣）

Table 4. Manage cost of different crop using hyponics in Japan.

項目 \ 作物種類			番茄（年 2 回）	葉葱（年 8 回）	鴨兒芹（年 9 回）	蘿蔔嬰（年20 回以上）
粗收益	生產量		23,000 kg	25,600 kg	13,200 kg	4240,000 kg
	價格		300 日圓/kg	400 日圓/kg	685 日圓/kg	400 日圓/kg
	粗收益		8,400千圓	10,240千圓	9,042千圓	96,000千圓
經營費	變動費	種苗費	30千圓	468千圓	161千圓	31,680千圓
		出荷經費	1,350	3,041	1,977	28,080
		其他	1,447	1,051	819	9,290
		計	2,827	4,560	2,957	69,050
	固定費	借入金利子	892	1,093	934	2,507
		雇用勞賃	0	0	540	5,952
		折舊費	1,476	2,276	2,352	3,625
		計	2,368	3,369	3,826	12,084
	合計		5,195	7,929	6,783	81,134
勞動時間			2,186小時	4,824小時	1,680小時	4,800小時
成果	所得		3,205千圓	2,311千圓	2,259千圓	14,866千圓
	所得率		38.2%	22.6%	25.0%	15.5%
	8小時之所得		11.7千圓	3.8千圓	10.8千圓	24.8千圓

(六)日本養液栽培今後研究方向

1. 週年生產、增加栽培種類，提高品質，加強研究適合水耕栽培的品種及栽培技術。
2. 穩定生產，栽培裝置力求簡易化。
3. 確立養液栽培自動控制系統，用電腦正確且適量的供給養液。
4. 與生物技術連結，生產整齊健康的種苗，加速大量繁殖。
5. 發展觀賞植物，包括裝飾植物，休閒活動之嗜好性植物，如圖十二。

圖十二 養液栽培觀賞植物
Fig. 12. Cultivation of ornamental plants using water culture.

四、建議事項

(一)成立設施園藝發展小組，研究規畫適合台灣發展之設施園藝方向。

(二)引進及改善玻璃溫室與塑膠布溫室架構使其本土化。台灣因高溫多雨，在架構上需考慮颱風、通風、降溫、遮陰及排水問題，引進有關資材，再進一步改進使其符合台灣之氣候條件做適度的調節。

(三)加強培養設施園藝有關農、工、理學的人才。

(四)協助及鼓勵民間企業投資設施園藝相關資材的製造，大量生產規格化且品質好的資材，以降低生產成本。

(五)加強養液栽培的試驗研究。

(六)設立蔬菜設施栽培示範區及花卉設施栽培示範區。

(七)設施園藝技術廣而深，尚需繼續派員研習考察設施園藝與生物技術綜合應用的科技。

(八)對消費者應加強宣導設施栽培蔬菜的觀念。

(九)對設施園藝的發展，產銷需有一貫化的輔導。

(十)講習及訓練農民使用設施的基本觀念及實際栽培技術。

參考文獻

1.諶靜吾、黃敏展、柳台生、沈再發、張粲如、林嘉興　1986　研習日本設施園藝栽培技術報告。
2.山崎肯哉　1981　養液栽培全編　博友社　pp. 14～91。
3.土岐知久　1986　NFT式水耕栽培の理論　養液栽培の新技術　pp.49～54。
4.古在豐樹　1986　ヒートポンプの導入と今後の展望　施設と園藝 No.52　pp.35～42。
5.田中和夫　1986　固形培地式養液栽培の實際　養液栽培の新技術　pp.80～88。
6.安井秀夫　1986　固形培地式養液栽培の理論　養液栽培の新技術　pp.67～79。
7.宇田川雄二　1986　NFT式水耕栽培の實際　養液栽培の新技術　pp.55～66。
8.村上治正　1986　施設園藝の現狀と今後の課題　施設ヒ園藝 No.52　pp.4～11。
9.板木利隆　1986　養液栽培の現狀と今後の方向　施設と園藝 No.52　pp.60～68。
10.板木利隆　1986　循環式水耕栽培の理論，養液栽培の新技術　pp.35～48。
11.淺野一男　1986　農業資材ガイド　太洋興業株式會社　pp.14～31。
12.橋本康、高辻正基　1986　植物工場システムとは　養液栽培の新技術　pp.89～93。

SUMMARY

Japan has more than thirty years of experience in the study and application of greenhouse technique and is quite advanced in this field. The farm cultivation in both Japan and Taiwan is of intensive style and their farm management in many aspects is quite similar to each other. Therefore, the Japanese experience can serve a reference in developing our greenhouse technique. This report covers the following topics:

1. The background and status of greenhouse developement in Japan.
2. The improvement in greenhouse structure and environmental control made in Japan—Temperature regutaling, plant factory using low cost midnight power.
3. The developement of hyponics in Japan—cultivation types, promotion, crop varieties, culture systems, operation costs, future developement.
4. Recommendation.

討　論

吳昭祥（建國花市）問：

1. 日本水耕用之岩綿係進口或自行生產？

2. 岩綿是否有類似石綿纖維之公害問題？

張粲如答：

1. 岩綿在日本有由歐洲進口的，也有日本自已生產的，但是日本生產的岩綿，pH值較高一點，所以需要在養液方面再做調節。

2. 岩綿本身是種礦物經高溫膨脹而來，目前日本尚未發生公害問題，我想這是種天然的東西，是不會那麽嚴重。

陳　中（國立台灣大學園藝系）問：

設施消毒與清潔如何維持？

張粲如答：

我們去參觀日本時，其設施中同樣有些病害發生，像養液的不平均，蟲害也有，還是須消毒的。他們在養液栽培的保麗龍固定板子通常栽培一季完後，有做徹底的沖洗，然後有的用日光消毒。若設施中是土耕，則每年亦有給一段休閑時間，讓其淹水，或用日光能的高溫曬乾來消毒殺菌，他們也有種一些作物如玉米來吸收養液。如何的消毒實際上我們沒看到，有關病害方面，下面會有位林博士專門介紹。